

336.396

12



336396

MEMORIA DESCRIPTIVA

que se presenta para unir a la solicitud

d e

PATENTE D E INVENCION

formulada el 3 de febrero de 1.967, con el No 336.396

e n

E S P A Ñ A

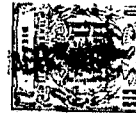
por VEINTE años

a nombre de ESSO RESEARCH AND ENGINEERING COMPANY, entidad norteamericana, establecida en Elizabeth, Nueva Jersey, Estados Unidos de América, por:

"UN PROCEDIMIENTO PARA PRODUCIR HIERRO ESPONJOSO A PARTIR DE MINERALES O MENAS OXIDICAS"

La presente invención se refiere a la producción de hierro esponjoso, por reducción de minerales o menas de hierro oxidadas u oxídicos, por contacto con agentes reductores. En particular se refiere a un procedimiento perfeccionado de reducción de menas de hierro, en el que minerales de hierro fluidizados se transforman en metal por contacto directo con hidrógeno, monóxido de carbono, o mezclas de éstos y otros gases.

Es bien conocida en la técnica la producción de hierro esponjoso por reducción de menas de hierro oxidadas, es decir, menas que contienen o consisten esencialmente en óxidos de

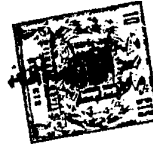


hierro, en lechos fluidizados por gases ascendentes, a temperaturas comprendidas generalmente entre aproximadamente 538 y aproximadamente 982°C. Además, también son conocidos tales procedimientos en los que los lechos fluidizados están escalonados como zonas de reducción independientes, y las zonas trabajan a iguales o diferentes temperaturas elevadas, en general dentro del intervalo dado.

En un procedimiento típico escalonado de reducción de mena de hierro fluidizada, se suministran óxidos de hierro a, por ejemplo, un primer lecho fluidizado en el que los óxidos son reducidos del estado férrico a óxido de hierro magnético; un segundo lecho fluidizado donde el óxido de hierro magnético se reduce a óxido ferroso; y una tercera zona en la que el óxido ferroso se reduce a hierro metálico. Las etapas independientes pueden trabajar a iguales o diferentes temperaturas elevadas, y se puede proporcionar una o una pluralidad de zonas de reducción férrica o zonas de reducción ferrosa. Se puede proporcionar una zona de combustión, en la que el gas reductor, por ejemplo hidrógeno, es quemado con un gas que contiene oxígeno, por ejemplo aire, o esta zona se puede combinar con una zona de reducción férrica, para proporcionar calor para la reacción.

En todos estos procedimientos se desea tener una temperatura lo suficientemente alta para conseguir el máximo de reducción, y conseguirla uniforme y eficazmente. Sería de esperar que el máximo de reducción se conseguiría aumentando la temperatura de la reacción, y que la reacción transcurriría a mayor velocidad al aumentar la temperatura. Sin embargo, las altas temperaturas pueden producir aglomeración o sinterización de la mena si la temperatura -

llega a ser suficientemente alta.



La formación de aglomerados es un fenómeno que se manifiesta porque existe una "pegajosidad" en las superficies de las partículas sólidas individuales de la mena -
5 de hierro. Se ha postulado, con bastante fundamento, que las superficies de las partículas individuales de mena que dan cubiertas de formas cristalinas de hierro, total o par-
cialmente, según la temperatura. Estas formas cristalinas, de carácter microscópico, adoptan a menudo el aspecto de -
10 nódulos, proyecciones o "patillas" que se extienden hacia fuera desde las partículas individuales. Debido a estas -
proyecciones, o puntos reactivos, las partículas tienden a unirse por contacto de una partícula con otra, formando -
"microsoldaduras", de manera que las partículas individua-
15 les de mena de hierro se adhieren entre sí, formando agregados o aglomerados. El efecto de tal fenómeno no es dis-
tinto de la sinterización de las partículas, pero difiere de la sinterización en cuanto que esta última es causada
por una fusión real y más extensa del hierro reducido, so-
20 bre la superficie de las partículas, haciendo ésto que las partículas individuales se adhieran y suelden entre sí a -
lo largo de amplias uniones, produciendo también la aglo-
meración.

Por tanto, la formación de aglomerados es un fe-
25 nómeno muy indeseable, y la tendencia de una mena a formar aglomerados aumenta al aumentar la temperatura, especial-
mente al aumentar el grado de metalización. Sin embargo, se desean altas temperaturas, que van hasta justamente de-
bajo de aquella que producirá la sinterización (es decir,
30 aproximadamente 982°C), dado que se consigue una reducción



más eficaz y una velocidad de reacción má rápida. Por tanto, ésto presenta un dilema, ya que, por una parte, cuanto mayor sea la temperatura, más acusada es la tendencia a la formación de aglomerados, y por otra parte cuanto menor sea la temperatura menor es la eficacia del procedimiento. Con ciertas menas, por ejemplo la mena de Carol Lake, la tendencia a formar aglomerados a altas temperaturas es especialmente importante, y por esta razón es difícil tratar esta mena, y otras, en procedimientos de reducción de mena de hierro fluidizada.

10 Sin embargo, se ha descubierto antes de ahora que se pueden añadir a las partículas de mena de hierro ciertos compuestos finamente divididos, para inhibir esta tendencia de la mena a formar aglomerados. Se halló así que se pueden añadir a la mena, en forma de polvos secos finamente divididos, ciertos óxidos (por ejemplo los óxidos de metales de los grupos II-A, IV-B y VI-B) o carbonatos, ya que éstos forman óxidos in situ. Los lechos fluidizados que contienen menas a las que se han añadido tales compuestos, incluso en los lechos de reducción ferrosa, no se formarán aglomerados ni siquiera cuando se eleva la temperatura por encima de aquella que normalmente induciría la formación de aglomerados. Un procedimiento que contenga tales aditivos se puede hacer funcionar uniforme y eficazmente. Se especulaba que la reacción resultante del uso de los aditivos envenenaba de alguna forma, o alteraba de alguna otra manera los puntos activos desde los cuales se extendían los crecimientos nodulares observados en la superficie de las partículas individuales de mena de hierro de una mena que había formado aglomerados. Por alguna razón, los aditivos reducían o inhibían la tendencia normal de los nódulos de las partículas a formar puentes, soldarse o -

pegarse entre sí, por contacto.



Sin embargo, son muy de deseay/nuevos perfeccio-
namientos del procedimiento, y el objetivo primordial de la
presente invención es, por tanto, una solución aún más efi-
caz del problema de la formación de aglomerados. En parti-
5 cular, su objetivo es proporcionar a la técnica un nuevo y
original procedimiento simplificado de reducción de mena de
hierro fluidizada, en el que se inhibe la formación de aglo-
merados, y en algunos casos se elimina completamente, de -
10 forma que se pueden usar temperaturas más altas y se puede
hacer trabajar el procedimiento de forma más eficaz, duran-
te períodos más largos. Otro objeto es proporcionar un pro-
cedimiento en el que se pueden eliminar de las menas de hie-
15 rro cantidades significativas de azufre, perfeccionando la
calidad del producto. Un objeto específico es proporcionar
un procedimiento perfeccionado en el que se inhibe o elimi-
na la tendencia a la formación de aglomerados, en las va -
rias etapas. particularmente en la etapa o etapas de reduc-
ción ferrosa de un procedimiento de reducción de mena de -
20 hierro fluidizada en el que se tratan menas de hierro oxi-
dadas con un gas o gases reductores, para reducir sucesi-
vamente los óxidos de hierro a estados de oxidación infe-
riores, y finalmente a hierro metálico. Un objeto aún más
específico se refiere a un procedimiento que proporciona una
25 serie de zonas de reacción escalonadas en las que se usa una
porción significativa de hidrógeno como gas reductor, y es-
pecialmente en las que se quema hidrógeno en contacto direc-
to con la mena de hierro.

Estos y otros objetos se consiguen según la pre-
30 sente invención, que considera la formación de sistemas lí-



quidos-sólidos, es decir, suspensiones, dispersando en un líquido unas clases nuevas de agentes o aditivos, los cuales sistemas se pueden añadir o incorporar, o mezclar de otra forma, con mena de hierro oxidada fluidizada, en un procedimiento de reducción, incluso en concentraciones pequeñas para inhibir o evitar la formación de aglomerados de la mena en partículas.

La presente invención considera, en sus realizaciones preferidas, mojar o mezclar con líquido óxidos y carbonatos finamente divididos, o mezclas de ellos, de metales de los grupos II, III-A, IV-B y VI-B de la tabla periódica de los elementos, mojar la mena con el sistema de líquido-sólido e introducir luego tal mena a un procedimiento de reducción de mena de hierro fluidizada.

Los óxidos y carbonatos finamente molidos, o mezclas de ellos, particularmente los óxidos y carbonatos de metales de los grupos II-A, IV-B y VI-B, aún cuando en general son insolubles, se pueden dispersar físicamente en líquido, formando pastas o suspensiones de líquido-sólido, y éstos sistemas se pueden mezclar físicamente, o incorporar de otra forma, en la mena de hierro finamente dividida. Las suspensiones de óxidos o carbonatos, con una distribución dada de tamaños de partícula, son mucho más eficaces que el uso de los polvos secos por sí mismos. La razón de este fenómeno no se entiende del todo.

Sin embargo, se cree que las suspensiones de los óxidos de estos metales proporcionan una dispersión mucho mejor de las partículas de óxido sobre las superficies de las partículas de mena de hierro, y que, a las temperaturas de reacción, estos óxidos forman complejos con la sílice so-

336396



bre la superficie de las partículas sólidas de mena de hierro con que están en contacto, formando silicatos vítreos no adherentes. Sin embargo, parece que tal alto grado de dispersión solo es posible si se mojan las partículas de óxido de forma suficiente para romper las fuerzas de Van der Waals, u otras, que hacen que las partículas individuales de óxido se adhieran entre sí formando racimos o agregados. Al ser dispersadas, las partículas menores quedan unidas a las superficies de la mena de hierro, y permanecen allí incluso después de secar. El grado de dispersión que se puede conseguir por tal técnica de mojado será apreciado cuando se observe que, por ejemplo, un cubo de óxido finamente pulverizado, que solo mide 20 micras en cada lado, dividido, al formar la suspensión, en partículas que van de 0,8 a aproximadamente 1,5 micras, proporciona aproximadamente 8000 partículas. Así se aumenta mucho la dispersión de las partículas de óxido, en comparación con la simple agitación mecánica, y la superficie de la mena es protegida eficazmente, debido a que las partículas de mena de hierro son cubiertas de forma más completa, con lo que pueden formarse los nódulos.

El método más preferido para llevar a la práctica la presente invención consiste en dispersar, preferiblemente en agua, compuestos de los metales de los grupos II-A, IV-B y VI-B de la tabla periódica de los elementos, y poner luego en contacto, mezclar, mojar, pulverizar, o impregnar de otra forma con la suspensión la mena de hierro finamente dividida, e introducir luego la mena en el procedimiento de reducción de mena de hierro fluidizada.

Los óxidos y carbonatos de los metales de los

336396

grupos II-B y III-A se pueden dispersar también en un líquido, formando pastas o suspensiones de líquido-sólido - que luego se pueden mezclar, o incorporar de otra forma, con la mena de hierro finamente dividida que se ha de fluidizar y reducir. Es particularmente sorprendente que sean eficaces los óxidos de los metales de los grupos II-B y III-A, ya que los polvos secos finamente divididos de estos compuestos son generalmente inadecuados. Sin embargo, las suspensiones de los óxidos y carbonatos de calcio, titanio, circonio, cromo y molibdeno son las más preferidas, y los óxidos y carbonatos de magnesio son aún más eficaces.

Entre los líquidos dispersantes adecuados se incluyen todos los disolventes industriales más corrientes, tal como disolventes de acetal, por ejemplo acetona; alcoholes; percloroetileno, metilcloroformo, cloruro de n-amilo; disolventes aromáticos, por ejemplo benceno, tolueno, xileno; glicoles, por ejemplo dibutilglicol; éteres, por ejemplo éter dicloroisopropílico, dioxano; hidrocarburos, por ejemplo n-hexano; y similares. Tales disolventes se separan generalmente de la mena antes de su introducción al procedimiento de reducción de mena de hierro. Sin embargo, se ha hallado que el agua es particularmente eficaz, y se prefiere su uso.

Cuando se forman suspensiones, las partículas dispersadas deben ser de un tamaño menor de aproximadamente 1190 micras. Sin embargo, preferiblemente, las partículas deben estar comprendidas entre aproximadamente 297 micras y más finas. Más preferiblemente, las partículas deben estar comprendidas entre aproximadamente 44 micras y más finas. Sin embargo, sea cual sea el tamaño de las partículas



originalmente añadidas, las partículas son dispersadas más al mojar con líquido. Generalmente, después de formar la suspensión, la mayoría de las partículas tienen un tamaño, comprendido entre aproximadamente 0,2 y aproximadamente 20 micras de diámetro. A menudo, el diámetro medio no es mayor de aproximadamente 0,8 a 1,5 y por término medio puede ser de aproximadamente 1 micra.

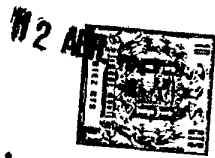
La cantidad de líquido usado para formar la suspensión ha de ser suficiente para mojar a fondo a los componentes añadidos, e incluso para formar una fase líquida nítida al sedimentar. Así, se ha de usar el líquido suficiente para romper los agregados de partículas, y generalmente se forma una suspensión coloidal de los óxidos y carbonatos en líquido. En general, es preferible emplear al menos aproximadamente 25% del líquido, basado en el volumen de los óxidos o carbonatos con que se forma la suspensión.

En un procedimiento de reducción de mena de hierro fluidizada, especialmente cuando se trabaja a las temperaturas más altas, es sabido que los carbonatos se descomponen térmicamente formando óxidos, y se ha observado antes de ahora que el funcionamiento del procedimiento es perfeccionado por lo general, al menos ligeramente, después de haber tenido lugar la conversión. El efecto es incluso más marcado cuando se usan los carbonatos de metales que forman los óxidos muy eficaces. En cualquier caso, es evidente que la adición de suspensiones de cualquier compuesto que proporcione el óxido in situ proporcionará los beneficios deseados. Por tanto, la adición de suspensiones de tales compuestos está dentro del ámbito de la presente invención.

336396

En el uso de tales suspensiones, incluso cuando se usa agua, se prefiere generalmente secar la mena que se ha puesto en contacto con ellas, antes de introducir la mena en el procedimiento de reducción de mena de hierro fluidizada. Esto es particularmente deseable antes de introducir la mena en las etapas menos oxidadas de la reducción, para evitar que disminuya el poder reductor del gas. Además, el secado facilita la manipulación de la mena. Cuando se usan otros líquidos distintos del agua, el secado puede ser esencial. Una técnica sencilla para impregnar la mena con la suspensión consiste en pulverizarla muy íntimamente sobre la mena finamente dividida, y secar luego la mena mojada, en un horno, a una temperatura, o a una combinación de temperatura y presión, tal que arrastre al líquido. La cantidad de suspensión a usar no es crítica generalmente, pero se ha de usar la suficiente para mojar íntimamente la mena, y también para proporcionar una cantidad suficiente de aditivo en la mena. Sin embargo, se añade preferiblemente una cantidad de suspensión suficiente para formar una fase líquida nítida al sedimentar.

Generalmente, es deseable emplear concentraciones de suspensiones que proporcionen cantidades de aditivos comprendidas al menos entre aproximadamente 0,1 y aproximadamente 5,0% del óxido, basado en el peso de la mena de hierro introducida. Si se desea se pueden usar mayores concentraciones, pero, salvo en los casos de menas muy difíciles de tratar, tales cantidades de aditivos no son requeridas. En la mayoría de los casos se halla que es adecuado emplear concentraciones comprendidas entre aproximadamente 0,1 y aproximadamente 1,5% del aditivo, e incluso más preferiblemente entre aproximadamente 0,5 y aproximadamente 1%, bas

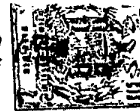


do en el peso de la mena de hierro.

Los siguientes ejemplos no limitativos y experimentos pertinentes hacen resaltar las características más notables, y proporcionan mejor entendimiento de la invención.

Se pulverizó en un molino de impacto gran cantidad de mena cruda de Carol Lake, hasta tamaños de partícula comprendidos entre aproximadamente 75 y 210 micras, y se dividió en varias porciones iguales. Esta mena es bien conocida como poseedora de gran tendencia a formar aglomerados.

Una porción de la mena se carga en un reactor o procedimiento de reducción de mena de hierro fluidizada, donde se dispone de una serie de cuatro zonas fluidizadas escalonadas, dos zonas de reducción férrica y dos zonas de reducción ferrosa. La mena es fluidizada por un gas ascendente, que consta inicialmente de 60% de hidrógeno y 40% de nitrógeno. El gas fluye desde una zona que contiene una mena de hierro a nivel de oxidación inferior hasta el siguiente nivel superior de oxidación, es decir, desde la parte inferior a la superior del reactor. En la zona férrica superior, el gas parcialmente oxidado se quema con aire, proporcionando calor a las diversas etapas de reducción. La mena reducida se desplaza desde la parte superior a la inferior del reactor, y desde una etapa de reducción a la siguiente. Las etapas de reducción férrica, donde los óxidos férricos son reducidos esencialmente a óxidos magnéticos de hierro, trabajan a 704°C, igual que las etapas de reducción ferrosa, donde el óxido de hierro se reduce, en la etapa final, proporcionando una metalización del 94%.



Como resultado del trabajo bajo estas condiciones, los lechos de reducción ferrosa mostraron signos de formación de aglomerados al cabo de aproximadamente 10 min, y tienen una importante y total formación de aglomerados en solamente 20 min. de trabajo continuo.

Ejemplo 1

Se repite el experimento anterior en sus detalles exactos, empleando una segunda porción de la mena, salvo en que en este caso se forma una suspensión acuosa de una cantidad suficiente de óxido de magnesio, molido hasta una distribución de tamaños de partícula de aproximadamente 105 a aproximadamente 37 micras, y se mezcla intimamente con la mena una cantidad suficiente de la suspensión, proporcionando 1% de óxido de magnesio, basado en el peso de la mena. Todo el sistema fluido-sólido se seca luego en un horno a 104°C. La mena seca se carga luego continuamente en la zona de arriba, o primera zona de reducción férrica con combustión. Al cabo de varias horas, cuando se interrumpe arbitrariamente el ensayo, no hay la más ligera evidencia de formación de aglomerados ni de ninguna tendencia a la formación de aglomerados. Los lechos tenían aspecto normal, y el procedimiento funcionó normalmente en todos los aspectos. Además, el producto de mena de hierro se perfecciona en tal medida que, después de formar briquetas, está dispuesto para ser cargado a un alto horno, sin necesidad de añadir agentes fundentes.

336396



Ejemplo 2

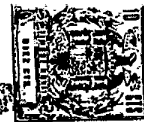
5 Cuando se repite el Ejemplo 1 con otra porción de mena, a temperatura de 760°C y se dispersa en agua caliza dolomítica consistente esencialmente en una mezcla al 50% en peso de óxidos de calcio y magnesio, y se añade la suspensión a la mena, en concentración del 1%, basado en el peso de la mena, y se introduce en el lecho de arriba sin secar, no hay aún formación de aglomerados ni tendencia a la formación de aglomerados al cabo de varias horas, cuando se interrumpe arbitrariamente el ensayo.

Ejemplo 3

15 Cuando el procedimiento del Ejemplo 2 se repite y se sustituye en el procedimiento la dolomita por óxido de titanio, no hay evidencia de formación de aglomerados al cabo de varias horas.

A continuación se presentan datos comparativos, para contrastar más eficazmente las ventajas de las presentes nuevas suspensiones para inhibir la formación de aglomerados. Se pulveriza mena de Carol Lake, como en el Ejemplo 1, y la mena se divide en varias porciones. A algunas de las porciones se añaden suspensiones de diversos compuestos, para comparar su eficacia. Las porciones de mena tratadas independientemente se reducen con una mezcla gaseosa 60:40 de hidrógeno:nitrógeno, en una unidad de una sola etapa, entrando el gas en la unidad a una velocidad espacial de 0,76 m/seg.

En los ejemplos y experimentos que siguen inmediatamente, se forma una suspensión de óxido de magnesio -



72

(MgO) en agua, y se usa la suspensión, en cantidades variables, para mezclarla íntimamente con y mojar la mena. Luego se secan las porciones de mena a 104°C, y la mena tratada se carga en la unidad de reducción de mena de hierro fluidizada. La cantidad de suspensión suministrada es la suficiente para proporcionar ciertas concentraciones definidas de óxido de magnesio, basadas en el peso de la mena, y las concentraciones proporcionadas se indican en la tabla siguiente. En la tabla se muestra también una mena reducida de forma similar, salvo en que no se proporciona aditivo a la mena, antes de la reducción. Además, se muestran los resultados de una experiencia en la que solo se añade polvo seco de óxido de magnesio. Para cada experiencia se indica el tiempo requerido desde el "tiempo cero" hasta el tiempo requerido para formar aglomerados.

Ejemplo	Aditivo	Tiempo hasta formación de aglomerados, min
-	Ninguno	13
20	0,1% de polvo seco de MgO (210 a 74 micras)	25
4	0,1% de MgO basto (grado comercial; suspensión acuosa coloidal de 210 a 74 micras)	180
25	1% de MgO (210 a 74 micras; suspensión coloidal en agua)	más de 330 (')

(') No hubo formación de aglomerados al final del período indicado, cuando se interrumpe arbitrariamente el ensayo.

:Así, los anteriores datos demuestran claramente las ventajas de una suspensión de óxido de magnesio, en contraste con el uso de polvo seco de óxido de magnesio. Así, un polvo de óxido de magnesio idéntico, suspendido en agua y usado bajo condiciones idénticas, es aproximadamente 1400%



más eficaz que el uso del polvo seco para tratar la mena.

Ejemplo 6

Cuando se repite el ensayo anterior, salvo en que se dispersa óxido de cromo en agua, en concentración suficiente para proporcionar 1% de sólidos, basado en el peso de la mena, y se seca y se carga en el procedimiento, se vuelven a obtener excelentes resultados. La experiencia se efectúa durante un período de varias horas, tras el cual tiempo se interrumpe arbitrariamente la experiencia. Al término de la experiencia no hay la más ligera evidencia de formación de aglomerados ni de tendencia a la formación de aglomerados.

El exámen de la mena de hierro al término de la experiencia no revela la presencia de nódulos en ninguna de las partículas reducidas. Se cree que el óxido forma complejos con materiales silíceos en o sobre la superficie de las partículas, y ello impide el crecimiento de depósitos de hierro cristalino.

Ejemplo 7

Cuando se repite la experiencia anterior, salvo en que se dispersa óxido de cadmio en alcohol etílico, se seca, y luego se carga en el procedimiento, se vuelven a obtener buenos resultados.

Al término de la experiencia, un exámen de las partículas de hierro reducido no revela la presencia de nódulos de hierro en las superficies de las partículas.

Ejemplo 8.

336396

Cuando se repite la experiencia anterior, usando una suspensión de óxido de aluminio en agua, se vuelve a in

hibir la formación de aglomerados durante un período de tiempo considerable.

Sin embargo, en contraste, una fina mezcla de polvo de alúmina tiene poco o ningún efecto para inhibir la formación de aglomerados.

En otros ensayos, una mena finamente dividida de Cerro Bolívar se divide en porciones. Luego se forman suspensiones acuosas de óxidos finamente divididos, y se añaden las suspensiones por pulverización o mezclado con las porciones de mena. Luego se seca la mena en un horno con circulación, a 104°C. Las experiencias se efectúan a 871°C. Con fines de comparación, se hace también una experiencia en la que no se mezcla ni se pulveriza sobre la mena ninguna suspensión.

Aunque la mena de Cerro Bolívar no es tan susceptible a la formación de aglomerados como la mena de Carol Lake, las experiencias efectuadas a 871°C representan de todas formas unas condiciones muy extremas.

Los resultados de las experiencias se indican en la tabla siguiente;

Ejemplo	Aditivo	Tiempo hasta formación de aglomerados, min
-	Ninguno	18
9	0,5% de MgO (pulverización de suspensión)	158
10	0,5% de MgO en suspensión acuosa	más de 285(')
11	0,5% de óxido de aluminio en suspensión acuosa	190

(') No se formaron aglomerados al final del período, cuando se interrumpió arbitrariamente el ensayo.

336396

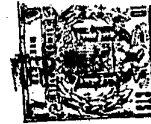
Se observará que la adición de una suspensión de óxido de magnesio como pulverización, sin mezclado más in-



timo con la mena, no es tan eficaz como la suspensión bien mezclada. Ello indica que es deseable una buena dispersión de la suspensión inhibidora, para su uso más eficaz.

Las suspensiones de la invención, incluyendo especialmente aquellas clases preferidas, se ponen preferiblemente en contacto con la mena finamente dividida, se secan, y luego se cargan directamente en la zona o lecho de reducción ferrosa, donde es más importante la tendencia a la formación de aglomerados.

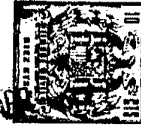
Sin embargo, bajo ciertas circunstancias, puede ser deseable añadir todo o una parte de los aditivos, así tratados, y secados a la zona o lecho férreo, o a un lecho de combustión, que precede a otros lechos o zonas, y donde las temperaturas pueden estar comprendidas entre aproximadamente 538 y aproximadamente 982°C. Un lecho de combustión es aquel en el que una porción del hidrógeno se quema con un gas que contiene oxígeno, por ejemplo aire, de forma que los calores de combustión son comunicados al lecho fluidizado de mena de hierro. La combustión puede efectuarse bajo condiciones oxidantes o reductoras, es decir, en exceso o defecto de gas que contiene oxígeno, de manera que el hierro oxidado se oxidará o reducido. Cuando se hace trabajar el lecho bajo condiciones reductoras, constituye también una zona de reducción férrea, y puede estar seguido por una zona o zonas adicionales de reducción férrea, y por una zona o zonas de reducción ferrosa. Bajo ciertas circunstancias, por ejemplo cuando la mena contiene azufre o sulfuros indeseables, se prefiere hacer trabajar el lecho de combustión bajo condiciones oxidantes, para eliminar el azufre. Bajo tales circunstancias, el lecho de combustión está seguido por zonas



de reducción férrica y ferrosa, y al menos algo del aditivo es arrastrado a través del procedimiento hasta la zona o zonas ferrosa, donde la formación de aglomerados es más importante.

5 Además, algunas de las clases preferidas de aditivos proporcionan beneficios adicionales, ya que permanecen dentro del hierro esponjoso producido, actuando como agente fundente en la reducción final, tal como en altos hornos para la producción de acero. Ello es, desde luego, una ventaja fortuita, ya que los fundentes, en general, no solo -
10 han resultado ser ineficaces como aditivos en el presente procedimiento, sino que incluso han resultado ser perjudiciales, ya que no solo no pudieron reducir la tendencia a la formación de aglomerados, sino que promovieron la formación de aglomerados. Sin embargo, en cualquier caso, si
15 se desea, los aditivos se pueden separar para ser beneficiados después de la reducción. Otra ventaja de la invención es que la decrepitación, o tendencia de la mena a producir finos, es reducida por la presencia de algunos de -
20 los aditivos, y a menudo se eliminan las incrustaciones y otros depósitos perjudiciales.

Es evidente que en el presente procedimiento se pueden hacer ciertas modificaciones y cambios sin salir -
del espíritu y ámbito de la invención. La característica
25 clave y nueva de la invención es el uso de suspensiones que contienen cantidades pequeñas y secundarias de diversos aditivos, o de precursores de los mismos, que se pueden añadir directamente, mezclar previamente, o mezclar -
físicamente de otra forma, con menas de hierro oxidadas,
30 que se someten a reducción en un procedimiento fluidizado.



Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los siguientes:

5 1.- Un procedimiento para producir hierro esponjoso a partir de minerales o menas oxídicas, donde la mena de hierro, en forma de partículas, se introduce en el procedimiento y es fluidizada dentro de un lecho, y preferiblemente dentro de lechos en etapas, mediante una corriente de gas, y es reducida a temperaturas comprendidas entre aproximadamente 538
10 y aproximadamente 982°C, caracterizado porque unos compuestos aditivos, elegidos de entre los óxidos, carbonatos, y mezclas de ellos, de los metales de los grupos II, III-A, IV-B y VI-B de la tabla periódica de los elementos, son dispersados en líquido y mezclados con la mena, en cantidad suficiente para proporcionar una concentración de aditivos comprendida entre aproximadamente 0,1 y aproximadamente 5%, basado en el peso de la mena introducida.

15 2.- Un procedimiento según la reivindicación 1, donde de dicha mezcla de la mena con los compuestos aditivos se efectúa antes de secar la mena y de la introducción de dicha mena en el procedimiento.

20 3.- Un procedimiento según las reivindicaciones 1 y 2, donde el compuesto inicialmente añadido al líquido consiste esencialmente en óxido de magnesio.

25 4.- Un procedimiento según las reivindicaciones 1 a 3, donde el compuesto inicialmente añadido al líquido tiene -

esencialmente un tamaño de partícula comprendido entre aproximadamente 1190 micras y más fino.

5.- Un procedimiento según la reivindicación 1, donde dichos lechos en etapas contienen una zona de reducción ferrosa, y donde la mena seca que contiene el compuesto aditivo se añade al procedimiento en cantidad suficiente para proporcionar un óxido metálico en dicha zona de reducción ferrosa, en concentraciones comprendidas entre aproximadamente 0,1 y aproximadamente 5%, basado en el peso de la mena introducida.

6.- Un procedimiento según la reivindicación 1, donde el compuesto añadido es uno elegido del grupo que consta de óxidos, carbonatos, y mezclas de ellos, de calcio, titanio, circonio, cromo y molibdeno.

7.- Un procedimiento para producir hierro esponjoso por reducción directa de menas de hierro oxidico en partículas, caracterizado por la combinación que comprende dispersar en agua compuestos de metales de los grupos II, III-A, IV-B, para formar una suspensión; mojar y mezclar la mena oxidica con la solución, proporcionando cantidades de aditivo comprendidas entre aproximadamente 0,1 y aproximadamente 5% basado en el peso de la mena introducida; secar y fluidizar las partículas sólidas de óxidos de hierro, con gases ascendentes que contienen hidrógeno, proporcionando una pluralidad de zonas de reducción fluidizadas escalonadas, que incluyen una primera zona de reducción férrica, donde el óxido férrico es reducido a un estado inferior de oxidación y se quemada hidrógeno con un gas que contiene oxígeno, para proporcionar calor para el procedimiento, y para mantener una temperatura de trabajo comprendida entre aproximadamente 704 y aproximadamente 871°C en la zona de reducción férrica.



ca, y proporcionando una pluralidad de zonas de reducción ferrosa, que trabajan a de aproximadamente 704 a aproximadamente 816°C, donde el óxido ferroso es reducido a hierro metálico.

5 8.- Un procedimiento según la reivindicación 7, donde el compuesto añadido consiste esencialmente en óxido de magnesio.

 9.- Un procedimiento para producir hierro esponjoso, por reducción directa de partículas de mena de hierro oxídica, caracterizado por la combinación que comprende dispersar en agua compuestos de tamaño de partícula igual a -
10 1190 micras y más finos, elegidos de entre óxidos y carbonatos de metales de los grupos II-A, IV-B y VI-B de la tabla periódica de los elementos, para formar una suspensión; mo-
15 jar y mezclar la mena oxídica con la suspensión para proporcionar concentraciones de los aditivos comprendidas entre -
aproximadamente 0,1 y aproximadamente 1,5%, con relación al peso de la alimentación; secar y fluidizar las partículas
20 solidas de óxidos de hierro con gases ascendentes que contienen hidrógeno, proporcionando una pluralidad de zonas de reducción fluidizadas escalonadas, que incluyen una primera zona de reducción férrica, donde el óxido férrico es reducido a un estado inferior de oxidación y se quema hidrógeno con gases que contienen oxígeno, para proporcionar ca -
25 lor para el procedimiento y mantener una temperatura de trabajo de aproximadamente 704 a aproximadamente 871°C en la zona de reducción férrica, y proporcionando una pluralidad de zonas de reducción ferrosa, que trabajan a de aproximadamente 704 a aproximadamente 816°C, donde el óxido ferroso es reducido a hierro metálico.
30



10.- Un procedimiento según la reivindicación 9, donde el compuesto aditivo dispersado es, inicialmente, de un tamaño de partícula comprendido entre esencialmente unas 44 micras y más fino.

5 11.- Un procedimiento según la reivindicación 10, donde el compuesto aditivo dispersado consiste esencialmente en óxido de magnesio.

12.- Un procedimiento para producir hierro esponjoso a partir de minerales o menas oxidicas.

10 Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, y para los fines que se han especificado.

La presente Memoria consta de veintidos hojas, escritas a máquina por una sola cara.

Madrid, 12 ABRIL 1967

Alberto de Elzab...
Por...

336396

PPR.

5.4.67